

选择性采集对植物及生态系统的效应*

淮虎银^{1**}, 刘爱忠^{2**}

(1 扬州大学生物科学与技术学院, 江苏 扬州 225009; 2 中国科学院昆明植物研究所, 云南 昆明 650201)

摘要: 选择性采集是人类利用野生生物资源过程中的一个普遍现象。选择性采集不仅对采集对象及其所在的生态系统有明显影响, 而且也对资源的可持续利用和保护具有十分重要的意义。本文对近年来在选择性采集对资源植物及其所在生态系统等方面的影响进行了综述。集中阐述选择性采集对采集对象的居群遗传结构、多样性及动态的影响, 以及和采集对象的生物学特征、采集部位、采集方式、采集时间和采集强度的关系。在生态系统水平上, 选择性采集可能会导致采集对象所在的群落中物种多样性、生态系统的结构和功能等发生变化。然而, 随着商业性采集强度的增大, 传统选择性采集方式也发生了显著变化。民族植物学应该在研究人类采集利用实践对植物资源的生态效应中发挥更为重要的作用。

关键词: 选择性采集; 植物资源; 可持续利用; 生态效应; 民族植物学

中图分类号: Q 948

文献标识码: A

文章编号: 2095-0845(2013)02-180-07

Effects of Selective Harvesting on Target Plants and the Related Ecosystems

HUAI Hu-Yin^{1**}, LIU Ai-Zhong^{2**}

(1 College of Bioscience and Biotechnology, Yangzhou University, Yangzhou 225009, China;

2 Kunming Institute of Botany, Chinese Academy of Sciences, Kunming 650201, China)

Abstract: Selective harvesting is a common practice in human's utilization of wild bio-resources. It influences the characteristics of the harvested species at molecular, population, and ecosystem levels, and is therefore important for sustainable use and conservation of plant resources. The papers concerning selective harvesting of plants and their ecological and evolutionary effects have been reviewed in this paper. Selective harvesting can influence the genetic diversity, population structure and dynamics of the harvested species, and its impacts are dependent obviously on their biological characteristics, parts used, harvesting regime, harvesting time and harvesting intensity. Many studies presently focused on timbers. For non-timber plants, only some species with high economic value and endangered species have been studied. Selective harvesting also causes the species richness, structures and functions of related ecosystems. Traditional harvesting practices are considered as a sustainable approach to resource use, but few direct evidences on genetic and species levels are available. Commercial harvesting may lead to the change of traditional harvesting. Ethnobotany should play a more important role in the study of selective harvesting and its ecological and evolutionary effects.

Key words: Selective harvesting; Plant resource; Ecological effect; Evolution; Ethnobotany

选择性采集或收获 (selective harvesting) 是人类利用野生生物资源过程中一种十分普遍的管理方

* 基金项目: 国家自然科学基金 (30970285 和 31170299)

** 通讯作者: Author for correspondence; E-mail: hyhuai@yzu.edu.cn; liuaizhong@xtbg.ac.cn

收稿日期: 2012-09-05, 2012-10-09 接受发表

作者简介: 淮虎银 (1966-) 男, 博士, 教授, 主要从事植物资源学 (民族植物学) 和植物生态学教学与科研工作。

刘爱忠 (1969-) 男, 博士, 研究员, 主要从事植物遗传与植物种质资源的科研工作。

式 (Ratner 和 Lande, 2001; Campanello 等, 2007; Fenberg 和 Roy, 2008; Coltman, 2008a; Mooney 和 McGraw, 2009)。从资源利用和管理两方面来说, 选择性采集可以最大程度地 (或以数量为目的, 或以质量为目的) 利用生物资源或提高单位时间内的采集量 (Coltman 等, 2003; Law 和 Salick, 2005; Guttormsen 等, 2008), 同时一些选择性采集实践也是出于资源持续利用和有效管理的需要 (Coltman 等, 2003; Milner 等, 2007)。选择性采集所依据的选择标准因采集对象的生长周期、生态特点的不同而有所区别, 如动物的性别、年龄或植物的生物量与可获得性等 (Coltman 等, 2003; Coltman, 2008b)。其中, 基于体型或利用部位大小的选择方式 (size-selective harvesting) 最为普遍 (Ratner 和 Lande, 2001; Coltman, 2008a; Fenberg 和 Roy, 2008)。例如, 在采集动物角的狩猎过程中, 动物角 (如鹿茸) 的大小经常作为选择性捕猎的重要指标, 拥有较大角的个体被捕获的概率往往远比那些只有小角的个体被捕获的概率大 (Fenberg 和 Roy, 2008; Bonenfant 等, 2009); 在水产养殖中, 捕捞体型大于一定要求的个体则是提高养殖效率的重要措施 (Conover 和 Munch, 2002; Hamilton 等, 2007; Kuparinen 和 Merilä, 2007); 有选择地砍伐胸径大于某一水平的个体以替代全面皆伐是森林木材资源利用实践中的一种普遍做法 (Boudreau 等, 2005); 大多数非木材林产品 (non-timber forest products, 简称为 NTFPs) 的采集和利用过程也常常伴随着选择性采集活动 (Mooney 和 McGraw, 2007; Ghimire 等, 2008; Mooney 和 McGraw, 2009)。

近年来, 随着野生生物资源的过度利用, 许多传统的选择性采集方式发生了很大变化, 因此由选择性采集活动所产生的生态学效应也倍受关注 (Edeline 等, 2007; Fenberg 和 Roy, 2008)。虽然选择性采集能够在一定程度上获得高效利用和持续利用的双丰收, 但许多研究表明, 选择性采集对某些采集对象在遗传、个体、种群、群落及生态系统等水平上均可产生显著的生态效应, 甚至影响种群的自然演化 (Ticktin, 2004; Law 和 Salick, 2005; Edeline 等, 2007; Swain 等, 2007; Fenberg 和 Roy, 2008; Mooney 和 McGraw,

2009)。了解和掌握选择性采集对采集对象在遗传和生态上的影响, 对相关资源的可持续利用与有效保护具有指导性意义 (Kuparinen 和 Merilä, 2007)。

1 选择性采集对居群结构和遗传多样性的影响

选择性采集 (尤其是基于体型大小等表型特征的选择性采集) 类似于人工选择过程 (Coltman, 2008b), 由于体型大的个体总是被采集, 导致长期体型小的个体居群等位基因富集, 而产生小体型的居群现象在动物的选择性采集中常有发生 (Ratner 和 Lande, 2001)。基于体型大小的选择性采集是否影响被采集物种居群水平的形态变化, 通常取决于采集对象的生活史特征、生态类型、所在群落的特点以及环境条件等因素 (Kuparinen 和 Merilä, 2007)。对植物而言, 选择性采集影响植物个体形态的现象也在一些植物中得到了验证 (Law 和 Salick, 2005)。近年来, 研究选择性采集对采集对象的影响主要集中在居群遗传多样性方面 (Guttormsen 等, 2008)。下面从选择性伐木或选择性非木材森林资源的采集两个方面来介绍选择性采集对这些采集对象在居群遗传多样性方面的影响。

选择性采伐 (selective logging) 是森林传统利用和管理的常见方式, 和无选择性的皆伐相比, 择伐对森林的更新和生态系统恢复具有明显的优势 (Koltunov 等, 2009)。择伐是否影响采伐对象的居群遗传格局, 长期以来缺乏统一认识。Sebbenn 等 (2008) 调查了选择性采伐对亚马逊森林中 4 种热带乔木树种圭亚那乳桑 (*Bagassa guianensis*)、栾叶豆 (*Hymenaea courbaril*)、圭亚那铁线子 (*Manilkara huberi*) 和球花藤黄 (*Symphonia globulifera*) 的居群遗传多样性影响, 结果发现择伐对居群遗传多样性的影响并不显著, 同时发现不同物种种群特征和遗传多样性对择伐的反应具有明显的差异, 类似的结果也在其它热带植物得到了验证 (Degen 等, 2006); 此外, Silva 等 (2008) 研究发现择伐对圭亚那乳桑 (*Bagassa guianensis*) 花粉基因流没有显著影响, 但可以明显改变加拿大铁杉 (*Tsuga canadensis*) 和白松 (*Pinus strobus*) 林中乔木的基因

频率 (Schaberg 等, 2008)。采集时间的长短对选择性采集在居群水平上的影响具有显著作用。择伐在短期内对植物遗传多样性并没有明显的影响, 但长期的择伐能够导致圭亚那苦油楝 (*Carapa guianensis*) 稀有等位基因的丧失 (Cloutier 等, 2007); Guariguata 和 Pinard (1998) 认为, 选择性采伐能够影响乔木树种的种子产量、传播、活力等。在择伐如何影响居群的遗传多样性方面, Carneiro 等 (2011) 认为择伐可以影响栾叶豆的花粉传播及授粉方式, 从而影响其遗传多样性; Lee 等 (2002) 认为由于择伐导致采集对象种群密度下降, 增加近亲繁殖的机会, 进而导致遗传漂变的发生; Lowe 等 (2005) 认为选择性伐木对被采伐植物遗传多样性的影响与生态系统的生境丧失及退化有关。

非木材森林资源是森林资源的重要组成部分, 在世界各地的原著民在非木材森林资源的选择性采集方面积累了十分丰富的经验, 然而目前关于选择性采集非木材森林资源对采集对象遗传结构影响的研究案例却很少, 一些研究集中在一些具有重要经济价值的药用植物上, 如西洋参 (*Panax quinquefolius*) 和水母雪莲 (*Saussurea laniceps*) (Cruse-Sanders 和 Hamrick, 2004; Cruse-Sanders 等, 2005; Law 和 Salick, 2005)。西洋参是一种具有重要药用价值的资源植物, 在北美森林中的采挖历史已经超过 250 多年 (Cruse-Sanders 和 Hamrick, 2004), 其野生资源的采挖属于一种典型的基于体型大小的选择性采集 (Mooney 和 McGraw, 2007)。这种选择性采集既是出于政府有关法规的限制, 同时也与西洋参的价值、在茂密的森林下是否容易发现等有关 (Mooney 和 McGraw, 2009)。研究发现, 长期选择性采集明显降低了西洋参居群的杂合度, 降低了居群的遗传多样性 (Cruse-Sanders 和 Hamrick, 2004; Obae 和 West, 2011); 进一步研究发现, 当选择性采集低于居群个体的 10% 时, 不会产生居群遗传多样性的显著变化 (Cruse-Sanders 等, 2005); 研究还发现, 长期选择性采集影响了西洋参形态大小和种子产量的变化 (Mooney 和 McGraw, 2009)。因此, 选择性采集对西洋参居群遗传多样性和种群再生具有明显的影响。水母雪莲是著名的藏药, 采集过程是一种典型的基

于体型大小的选择性采集, 近百年的选择性采集已引起了其植株矮化、种子产量低, 近年来随着采集强度的增加, 严重加剧了其濒危程度 (Law 和 Salick, 2005)。

在选择性采集对采集对象种群结构的影响方面, 研究发现藏药植物大花甘松 (*Nardostachys grandiflora*) 无性系分株密度在 10% 和 25% 的采集强度下两年后趋于上升, 而当采集强度达到 50% 和 75% 的水平时, 则呈现出持续下降的趋势; 比较采集强度对不同种群结构的影响, 发现低采集强度能够提高大花甘松和胡黄连 (*Neopicrorhiza scrophulariiflora*) 的种群密度, 但在高采集强度下两种植物种群更新和存活率都将下降, 而胡黄连更易受到影响 (Ghimire 等, 2005)。在沉香属 (*Aquilaria*) 植物中, 不同植物对选择性采集表现出了不同的反应, 如将 *A. malaccensis* 的采集对象限制在胸径大于 10 cm 以上的个体时, 将不会对其种群造成显著影响; 而对于 *A. microcarpa* 来说, 当采集标准限制在胸径小于 30 cm 就会导致种群的显著下降 (Soehartono 和 Newton, 2001)。此外, 生长在马达加斯加东海岸雨林中的一种露兜树科植物 *Pandanus guillaumetii*, 在当地妇女传统的选择性采集下并未对其种群密度造成影响, 而有些利用叶片作为编织材料的植物则会受到一定程度的影响 (Fedele 等, 2011)。

从前面所列举的例子可以看出, 采集对植物的生态效益与植物种类本身的生物学特性、采集方式、采集强度, 甚至一些相关的社会经济因素有关。因此, 加强在分子、个体和种群水平上研究人类采集活动的生态效应应受到进一步关注。

2 选择性采集对群落或生态系统的影响

乔木在森林生态系统中是优势种或建群种, 通常选择性伐木对森林群落和生态系统会产生明显的影响。一般认为选择性伐木能够导致群落内物种多样性的显著下降 (Rendón-Carmona 等, 2009), 对群落结构和物种组成特征造成负面影响 (Russell, 2009), 甚至会影响到森林生态系统内一些非木材林产品的产量和价值 (Guariguata 等, 2009; Rist 等, 2012)。Robinson 和 Robinson (1999) 研究发现, 选择性伐木能够对落叶林中的一些鸟类多样性产生负面影响。Asner

等 (2002) 从光线和小气候的变化、土壤流失和板结、养分循环中断、森林内乔木树种的更新以及动物种类多样性的变化等方面对选择性伐木的生态学效应进行了总结, 认为选择性伐木对群落的生态影响主要是负面的。虽然大部分研究支持选择性伐木对非木材林产品的可利用程度有明显的负面影响, 但也有研究认为选择性伐木可以创造更多的“林窗”, 增加局部环境中的光线强度, 从而提高非木材林产品可利用程度 (Rist 等, 2012); Wolf (2005) 研究发现, 选择性伐木有利于森林内附生植物多样性的维持。在非木材林产品的选择性采集方面, 一般认为非木材林产品的选择性采集不会显著影响森林群落的结构, 但有研究指出, 非木材林产品的选择性采集强度过大, 会对森林群落的结构和组成产生负面影响 (Ndangalasi 等, 2007; Widayati 和 Carlisle, 2012)。

3 选择性采集对植物资源可持续利用的影响

选择性采集是人类利用一些自然资源的特点之一。森林资源管理中最主要的挑战之一就是在满足人类需求的同时维持生物多样性和森林植被的整体性 (Rendón-Carmona 等, 2009), 这也是人类利用其它类型的生物资源过程中所遇到的普遍问题 (Zhang 等, 2010)。从前面许多案例可以看出, 无论在物种水平上, 还是生态系统水平上, 选择性采集都会对采集对象产生一定程度的影响 (或正面影响, 或负面影响)。然而, 与非选择性性采集相比, 选择性采集无疑是在利用和保护之间寻找平衡点的折中方式。随着植物资源开发强度的增加, 利用不同植物对选择性采集强度的反应规律有效地实现特定植物资源的可持续利用是当今植物资源有效管理的重要途径。

首先, 基于体型大小为标准的选择性采集是以体型比较大的个体为主要采集对象, 而这些个体在植物有性生殖中承担着非常重要的角色, 因此减少对一些植物成熟个体的采集或保护一定比例的较大体型或年长的个体, 将对保护这些物种的繁殖适合度及进化潜力都至关重要 (Cruse-Sanders 和 Hamrick, 2004; Cruse-Sanders 等, 2005; Zhang 等, 2010)。另外, 由于导致个体死亡的选

择性采集, 会引起遗传多样性的丧失 (Ashley 等, 2003; Mooney 和 McGraw, 2009), 所以对于这一类的选择性采集活动, 应适当减少采集强度, 或人为开展一些居群恢复或重建的实践。其次, 以采集时间为选择标准的采集活动对特定植物资源的可持续利用与管理具有重要的参考意义。对于许多资源植物来说, 合理的采集时间间隔将有利于采集对象的种群恢复。Balick 和 Mendelsohn (1992) 研究发现, 安排合理的采集时间间隔将大大提高热带雨林中药用植物的经济价值和维持其可持续利用的管理方式。美洲印第安人为了保证 *Dichelostemma capitatum* 的繁殖不受影响, 而选择在其种子成熟之后进行该植物球茎的采集 (Anderson 和 Rowney, 1999), 是以时间标准的选择性采集在植物可持续利用与管理方面的典型例证。与此相反, 持续的采集不仅对资源的保护具有长期的负面效应, 而且也会产生许多进化效应 (Cruse-Sanders 和 Hamrick, 2004)。最后, 采集活动对采集对象及其所在的生态系统的影响与采集强度之间存在密切关系。高强度的选择性采集可能会导致与选择特征相关的一些基因的适合度 (fitness) 丧失, 从而改变这些物种的进化途径 (Guttormsen 等, 2008)。与传统利用相比, 商业性的采集由于强度大, 往往对植物资源具有毁灭性的影响, 如近年来的红豆杉属植物的商业性采集导致该类植物的枯竭就是一个典型的例子。因此, 合理的采集强度将会有利于采集对象的持续利用和保护。

4 展望

选择性采集实践是人类利用生物资源过程中的一种普遍现象, 也是构成生物资源传统利用和管理实践的重要组成部分, 对许多生物资源的持续利用和有效管理及保护起到了重要的积极作用。研究已经显示选择性采集实践对采集对象的居群遗传结构和遗传多样性方面具有不同程度的影响, 有的是积极的影响, 有的是负面的影响; 在生态系统水平上, 选择性采集可能会导致采集对象所在的群落中物种多样性、生态系统的结构和功能等发生变化。和非选择性采集实践相比, 选择性采集是传统知识对生物资源持续利用和有效管理的形式之一, 更是维护生物资源利用和保护相对

平衡的折中。然而,选择性采集实践在特定农耕系统中对特定资源持续利用和有效管理的程度同样取决于选择性采集的强度。尤其是近年来随着经济的发展,由于商业目的的驱使在世界许多地区人类对生物资源的过度开发,传统上有效的选择性采集策略也正面临着严峻挑战。如何充分发挥选择性采集在当今生物资源的持续利用和有效管理中的作用已经是一个刻不容缓的议题。

4.1 民族植物学在选择性采集实践中的作用

作为研究人与植物之间相互作用关系的一门科学,民族植物学不仅研究不同民族或人群在认识、利用和保护资源植物过程中形成的传统知识,亦应重视研究传统利用(如选择性采集)对植物资源的影响。植物在人类利用过程中如何适应或规避人类的影响,以及人类在野生植物资源利用方面对植物本身在个体、种群以及生态水平上的影响目前还缺乏系统细致的研究。尤其象选择性采集这样的传统利用方式对植物在生态或遗传水平上的影响,以及如何有效地利用这些传统知识确保植物资源持续利用和有效保护的双丰收,目前显然还有许多工作有待深入。特别是,近年来随着对一些植物资源商业性采集强度的不断增加,不同采集对象因为生物学特性的差别肯定会对不同选择性采集强度表现出不同的反应,因此,民族植物学应从遗传、个体和种群水平上加强特定采集对象的科学研究,为选择性采集利用与实践提供理论及实践基础,更好地发挥传统资源利用方式在当今野生资源持续利用和有效管理中的作用。

从前面所列举的例子可以看出,选择性采集对采集对象的生态效应与植物种类本身的生物学特性、采集方式、采集强度,甚至一些相关的社会经济因素有关。虽然对于选择性伐木的生态效应国外已经有大量研究工作,但我国在该方面的研究相当有限。特别是非木材林产品(尤其是药用植物)由于具有较大的经济价值,受到人类采集活动的影响也非常大,选择性采集方式在非木材林产品的利用方面有大量的体现。目前虽然针对人类采集活动对部分具有重要药用价值的植物(如西洋参、水母雪莲等)的影响已经开展了许多卓有成效的研究工作,但绝大多数资源植物由人类选择性采集所产生的影响尚未受到应

有的重视。因此,我国民族植物学应该特别关注我国不同地区选择性采集活动对非木材林产品资源在遗传、个体和种群水平上的影响,为持续利用和有效管理这些非木材林产品资源提供理论和实践基础,充分发挥民族植物学在野生植物资源持续利用和有效保护实践中的作用。

4.2 商业性采集对资源植物的影响应受到关注

随着经济全球化飞速发展,植物资源利用方式也发生了根本性的变化。尤其对一些具有较高经济价值或市场需求量较大的资源植物来说,最明显的变化就是传统选择性采集利用方式被商业化的采集方式所替代。与传统采集方式不同,商业性采集往往因需求量大而对资源植物的更新能力有非常显著地负面影响,由于商业性采集而导致资源枯竭,甚至濒危的案例比比皆是。虽然一些资源的采集目前并未对其构成影响,但探索合理、可持续的采集方式对维持有效种群大小和进化潜力都将是非常必要的(Zhang等,2010)。

选择性采集对采集对象从遗传、个体和生态水平上的影响远远小于全面皆伐的商业化利用方式,但依然缺乏详尽的科学证据(Rendón-Carmona等,2009)。近年来,随着社会经济的发展和商业化需求的不断提高,商业性采集的资源对象越来越多,特别是传统的选择性采集方式正在被商业性采集方式取代。就非木材林产品资源而言,原本通过选择性采集方式就能够达到持续利用的一些采集对象,因为商业性采集而使其持续利用正面临严重威胁。针对当前商业性采集方式的不断增加,如何通过强化选择性采集方式实现某些具有较高经济价值的野生资源的持续利用将是一个重要议题。首先,对于具有较高经济价值和市场需求和资源植物,应该作为优先研究和保护的对象,这些植物往往会因商业性采集而容易发生枯竭或濒危;其次,导致个体死亡的选择性采集可能会对采集对象的遗传适合度产生影响,因此也应该将这些资源植物作为一个重要类群来考虑。另外,对于一些地区特有或近缘种类较少的野生植物资源,由于分布范围和可替代种类有限,因此也应加强采集对其可能造成的影响的研究。由于选择性采集在生态系统水平上的影响目前研究的还比较少,因此加强这一领域的研究十分必要。

〔参 考 文 献〕

- Anderson MK, Rowney DL, 1999. The edible plant *Dicbelostemma capitatum*: its vegetative reproduction response to different indigenous harvesting regimes in California [J]. *Restoration Ecology*, **7** (3): 231—240
- Ashley MV, Willson MF, Pergams ORW *et al.*, 2003. Evolutionarily enlightened management [J]. *Biological Conservation*, **111** (2): 115—123
- Asner GP, Keller M, Pereira R *et al.*, 2002. Remote sensing of selective logging in Amazonia assessing limitations based on detailed field observations, Landsat ETM+, and textural analysis [J]. *Remote Sensing of Environment*, **80** (3): 483—496
- Balick MJ, Mendelsohn R, 1992. Assessing the economic value of traditional medicines from tropical rain forests [J]. *Conservation Biology*, **6** (1): 128—130
- Bonenfant C, Pelletier F, Garel M *et al.*, 2009. Age-dependent relationship between horn growth and survival in wild sheep [J]. *Journal of Animal Ecology*, **78** (1): 161—171
- Boudreau S, Lawes MJ, Pier SE *et al.*, 2005. Subsistence harvesting of pole-size understorey species from Ongoye Forest Reserve, South Africa: species preference, harvest intensity, and social correlated [J]. *Forest Ecology and Management*, **216** (1—3): 149—165
- Campanello PI, Garibaldi JF, Genoveva M *et al.*, 2007. Lianas in a subtropical Atlantic forest: host preference and tree growth [J]. *Forest Ecology and Management*, **242** (2—3): 250—259
- Carneiro FS, Lacerda AEB, Lemes MR *et al.*, 2011. Effects of selective logging on the mating system and pollen dispersal of *Hymenaea courbaril* L. (Leguminosae) in the Eastern Brazilian Amazon as revealed by microsatellite analysis [J]. *Forest Ecology and Management*, **262** (9): 1758—1765
- Cloutier D, Kanashiro M, Ciampi AY *et al.*, 2007. Impact of selective logging on inbreeding and gene dispersal in an Amazonian tree population of *Carapa guianensis* Aubl [J]. *Molecular Ecology*, **16** (4): 797—809
- Coltman DW, 2008a. Evolutionary rebound from selective harvesting [J]. *Trends in Ecology and Evolution*, **23** (3): 117—118
- Coltman DW, 2008b. Molecular ecological approaches to studying the evolutionary impact of selective harvesting in wildlife [J]. *Molecular Ecology*, **17** (1): 221—235
- Coltman DW, O'Donoghue P, Jorgenson JT *et al.*, 2003. Undesirable evolutionary consequences of trophy hunting [J]. *Nature*, **426** (6967): 655—658
- Conover DO, Munch SB, 2002. Sustaining fisheries yields over evolutionary time scales [J]. *Science*, **297** (5578): 94—96
- Cruse-Sanders JM, Hamrick JL, 2004. Genetic diversity in harvested and protected populations of wild American ginseng, *Panax quinquefolius* L. (Araliaceae) [J]. *American Journal of Botany*, **91** (4): 540—548
- Cruse-Sanders JM, Hamrick JL, Ahumada JA, 2005. Consequences of harvesting for genetic diversity in American ginseng (*Panax quinquefolius* L.): a simulation study [J]. *Biodiversity and Conservation*, **14** (2): 493—504
- Degen B, Blanc L, Caron H *et al.*, 2006. Impact of selective logging on genetic composition and demographic structure of four tropical tree species [J]. *Biological Conservation*, **131** (3): 386—401
- Edeline E, Carlson SM, Stige LC *et al.*, 2007. Trait changes in a harvested population are driven by a dynamic tug-of-war between natural and harvest selection [J]. *Proceedings of the National Academy of Science of the United States of America*, **104** (40): 15799—15804
- Fedele G, Urech ZL, Rehnus M *et al.*, 2011. Impact of women's harvest practices on *Pandanus guillaumetii* in madagascar's lowland rainforests [J]. *Economic Botany*, **62** (2): 158—168
- Fenberg PB, Roy K, 2008. Ecological and evolutionary consequences of size-selective harvesting: how much do we know? [J]. *Molecular Ecology*, **17** (1): 209—220
- Ghimire SK, Gimenez O, Pradel R *et al.*, 2008. Demographic variation and population viability in a threatened Himalayan medicinal and aromatic herb *Nardostachys grandiflora*: matrix modelling of harvesting effects in two contrasting habitats [J]. *Journal of Applied Ecology*, **45** (1): 41—51
- Ghimire SK, McKey D, Aumeeruddy-Thomas Y, 2005. Conservation of Himalayan medicinal plants: harvesting patterns and ecology of two threatened species, *Nardostachys grandiflora* DC. and *Neopicrorhiza scrophulariiflora* (Pennell) Hong [J]. *Biological Conservation*, **124** (4): 463—475
- Guariguata MR, Licona JC, Mostacedo B *et al.*, 2009. Damage to Brazil nut trees (*Bertholletia excelsa*) during selective timber harvesting in Northern Bolivia [J]. *Forest Ecology and Management*, **258** (5): 788—793
- Guttormsen AG, Kristofersson D, Nævdal E, 2008. Optimal management of renewable resources with Darwinian selection induced by harvesting [J]. *Journal of Environmental Economics and Management*, **56** (2): 167—179
- Guariguata MR, Pinard MA, 1998. Ecological knowledge of regeneration from seed in neotropical forest trees: Implications for natural forest management [J]. *Forest Ecology and Management*, **112** (1—2): 87—99
- Hamilton SL, Caselle JE, Standish JD *et al.*, 2007. Size-selective harvesting alters life histories of a temperate sex-changing fish [J]. *Ecological Applications*, **17**: 2268—2280
- Koltunov A, Ustin SL, Asner GP *et al.*, 2009. Selective logging changes forest phenology in the Brazilian Amazon: evidence from MODIS image time series analysis [J]. *Remote Sensing of Environment*, **112** (11): 2431—2440
- Kuparinen A, Merilä J, 2007. Detecting and managing fisheries-induced evolution [J]. *Trends in Ecology and Evolution*, **22**

- (12): 652—659
- Law W, Salick J, 2005. Human-induced dwarfing of Himalayan snow lotus, *Saussurea laniceps* (Asteraceae) [J]. *Proceedings of the National Academy of Science of the United States of America*, **102** (29): 10218—10220
- Lee CT, Wickneswari R, Mahani MC *et al.*, 2002. Effect of selective logging on the genetic diversity of *Scaphium macropodum* [J]. *Biological Conservation*, **104** (1): 107—118
- Lowe AJ, Boshier D, Ward M *et al.*, 2005. Genetic resource impacts of habitat loss and degradation; reconciling empirical evidence and predicted theory for neotropical trees [J]. *Heredity*, **95** (4): 255—273
- Milner JM, Nilsen EB, Andreassen HP, 2007. Demographic side effects of selective hunting in ungulates and carnivores [J]. *Conservation Biology*, **21** (1): 36—47
- Mooney EH, McGraw JB, 2007. Alteration of selection regime resulting from harvest of American ginseng, *Panax quinquefolius* [J]. *Conservation Genetics*, **8** (1): 57—67
- Mooney EH, McGraw JB, 2009. Relationship between age, size, and reproduction in populations of American ginseng, *Panax quinquefolius* (Araliaceae), across a range of harvest pressures [J]. *Ecoscience*, **16** (1): 84—94
- Ndangalasi HJ, Bitraio R, Dovie DBK, 2007. Harvesting of non-timber forest products and implications for conservation in two montane forests of East Africa [J]. *Biological Conservation*, **134** (2): 242—250
- Obae SG, West TP, 2011. Effects of anthropogenic activities on genetic diversity and population structure of American ginseng (*Panax quinquefolius* L.) growing in West Virginia [J]. *Journal of Horticulture and Forestry*, **3** (9): 270—281
- Ratner S, Lande R, 2001. Demographic and evolutionary responses to selective harvesting in populations with discrete generations [J]. *Ecology*, **82** (11): 3093—3104
- Rendón-Carmona H, Martínez-Yrizar A, Balvanera P *et al.*, 2009. Selective cutting of woody species in a Mexican tropical dry forest: incompatibility between use and conservation [J]. *Forest Ecology and Management*, **257** (2): 567—579
- Rist L, Shanley P, Sunderland T *et al.*, 2012. The impacts of selective logging on non-timber forest products of livelihood importance [J]. *Forest Ecology and Management*, **268**: 57—69
- Robinson WD, Robinson SK, 1999. Effects of selective logging on forest bird populations in a fragmented landscape [J]. *Conservation Biology*, **13** (1): 58—66
- Russell W, 2009. The influence of timber harvest on the structure and composition of riparian forests in the Coastal Redwood region [J]. *Forest Ecology and Management*, **257** (5): 1427—1433
- Schaberg PG, DeHayes DH, Hawley GJ *et al.*, 2008. Anthropogenic alterations of genetic diversity within tree populations: Implications for forest ecosystem resilience [J]. *Forest Ecology and Management*, **256** (5): 855—862
- Sebbenn AM, Degen B, Azevedo VCR *et al.*, 2008. Modelling the long-term impacts of selective logging on genetic diversity and demographic structure of four tropical tree species in the Amazon forest [J]. *Forest Ecology and Management*, **254** (2): 335—349
- Silva MB, Kanashiro M, Ciampi AY *et al.*, 2008. Genetic effects of selective logging and pollen gene flow in a low-density population of the dioecious tropical tree *Bagassa guianensis* in the Brazilian Amazon [J]. *Forest Ecology and Management*, **255** (5—6): 1548—1558
- Soehartono T, Newton A, 2001. Conservation and sustainable use of tropical trees in the genus *Aquilaria* II. The impact of gaharu harvesting in Indonesia [J]. *Biological Conservation*, **97** (1): 29—41
- Swain DP, Sinclair AF, Hanson JM, 2007. Evolutionary response to size-selective mortality in an exploited fish population [J]. *Proceedings of the Royal Society B*, **274** (1613): 1015—1022
- Ticktin T, 2004. The ecological implications of harvesting non-timber forest products [J]. *Journal of Ecology*, **41** (1): 11—21
- Widayati A, Carlisle B, 2012. Impacts of rattan cane harvesting on vegetation structure and tree diversity of Conservation Forest in Buton, Indonesia [J]. *Forest Ecology and Management*, **266**: 206—215
- Wolf JHD, 2005. The response of epiphytes to anthropogenic disturbance of pine-oak forests in the highlands of Chiapas, Mexico [J]. *Forest Ecology and Management*, **212** (1—3): 376—393
- Zhang DQ, Gao LM, Yang YP, 2010. Genetic diversity and structure of a traditional Chinese medicinal plant species, *Fritillaria cirrhosa* (Liliaceae) in southwest China and implications for its conservation [J]. *Biochemical Systematics and Ecology*, **38** (2): 236—242